

Normalização do ensaio de resistência ao escorregamento para rochas ornamentais

Standardization of slip resistance test for natural stone

Leticia Valdo

Bolsista Capacitação Institucional, Engenharia de Minas

Nuria Fernández Castro

Supervisora, Engenharia de Minas, *M. Sc.*

Resumo

Uma das propriedades mais importantes para a utilização de diversos materiais como revestimento de pisos é sua resistência ao escorregamento, já que essa propriedade está relacionada a questões de segurança quanto à locomoção. No caso das rochas de revestimento, a determinação de tal propriedade não está normatizada no escopo normativo brasileiro de métodos de ensaio. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a confiabilidade do método do pêndulo britânico por meio da estimativa da incerteza de medição e do cálculo da repetitividade e reprodutibilidade do ensaio. Foram realizados ensaios em laboratório e no piso assentado do Shopping Cachoeiro. O número de amostras e medições necessárias para este estudo foi determinado mediante a análise estatística de dados anteriores, considerando os níveis de confiança de 95 e 99%. Estimaram-se as incertezas das quase 4.500 medições realizadas e calcularam-se a repetitividade e reprodutibilidade. Os resultados iniciais deste trabalho mostraram que esse método apresenta boa confiabilidade e grande potencial de ser incorporado ao conjunto de normas técnicas brasileiras.

Palavras chave: Resistência ao Escorregamento, Atrito, Normatização, Pêndulo Britânico

Abstract

One of the most important properties for the use of any material as flooring is its slip resistance, since this property is related to safety issues regarding the mobility. In the case of natural stones coverings, the determination of such property is not standardized within the Brazilian Standards scope of testing methods. The objective of this study was to evaluate the reliability of the British pendulum method by estimating the uncertainty of measurement and through the calculation of repeatability and reproducibility. Tests were carried out in laboratory and on the floorings of the Shopping Cachoeiro. The number of samples and measurements necessary for this study was determined through statistical analysis of previous data, considering confidence levels of 95 and 99%. The uncertainties for almost 4,500 measurements were estimated and the repeatability and reproducibility calculated. Initial results of this work showed that this method has good reliability and great potential to be incorporated into the set of Brazilian technical standards.

Key words: Slip Resistance, Friction, Standarization, British Pendulum.

1. Introdução

O setor de rochas ornamentais brasileiro destaca-se por uma produção de mais de 10 milhões de toneladas anuais e por sua considerável variedade de produtos sendo o principal foco do setor a exportação desses produtos, principalmente, para o mercado norte-americano, no qual é o maior fornecedor de materiais processados (ABIROCHAS, 2015). Porém, o mercado internacional é muito exigente no que se refere à qualidade e o Brasil precisa estabelecer um sistema de avaliação da conformidade, baseado em normas que auxiliem o setor a se manter competitivo. O principal uso das rochas ornamentais brasileiras é o de revestimento de fachadas e pisos e uma das propriedades mais importantes para a utilização desses revestimentos como piso é o coeficiente de atrito dinâmico, já que essa propriedade está relacionada a questões de segurança quanto à locomoção. Para Powers *et. al.* (2007) os custos financeiros associados com quedas deverão exceder 85 bilhões de dólares americanos até o ano de 2020, quando se estima que mais de 17 milhões de quedas que resultam em ferimentos irão ocorrer nos Estados Unidos.

No setor cerâmico, um dos requisitos de conformidade de pisos, sobretudo em ambientes públicos e industriais, é sua segurança ao escorregamento, evitando acidentes com seus usuários. No Brasil, para caracterizar a resistência ao escorregamento de superfícies de pisos cerâmicos a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT recomenda o método de determinação do coeficiente de atrito pelo sistema *Tortus*, de acordo com a norma ABNT NBR 13.818:1997 - "Placas cerâmicas para revestimento - Especificações e métodos de ensaios". O setor brasileiro de rochas ornamentais, entretanto, não conta, entre suas normas técnicas, com um ensaio para determinar tal característica. Por esse motivo, a norma de desempenho de edificações habitacionais (ABNT NBR 15.575:2013), que dita exigências relativas à segurança, apenas orienta para a utilização de sistemas que melhorem ou contribuam para aumentar o coeficiente de atrito, quando se trata de pisos de rochas polidas. Já o Comitê Europeu de Normalização - CEN e a Sociedade Americana de Testes e Materiais - ASTM possuem normas específicas para determinação do coeficiente de atrito, por diversos métodos, sendo um deles o do Pêndulo Britânico (EN 14.231:2003 - "*Natural stone test methods –Determination of the slip resistance by means of the pendulum tester*") e ASTM E 303/1993 - "*Standard test method for measuring surface frictional properties using the british pendulum tester*").

2. Objetivos

Estimar a incerteza de medição e calcular a repetitividade e reprodutibilidade do ensaio pelo método do Pêndulo Britânico, com vistas a propor a normalização desse ensaio no Brasil a partir de adaptações, a serem sugeridas, no conteúdo da norma europeia EN 14.231:2003.

3. Material e Métodos

O ensaio de resistência ao escorregamento pelo método do Pêndulo Britânico foi realizado com o dispositivo medidor *Portable Skid Resistance Tester* (medidor portátil da resistência ao escorregamento, da marca Munro Instruments, sendo o ensaio realizado na situação seca e úmida e com o dispositivo equipado com a borracha normalizada TRRL - 5S). O procedimento de ensaio, ilustrado pela Figura 1 (etapas de 1 a 3), consistiu em posicionar o corpo de prova, medir e registrar a temperatura de ensaio e determinar o comprimento de deslizamento da borracha sobre o corpo de prova. O braço do pêndulo é liberado (etapa 1) e cai livremente até atingir a superfície do corpo de prova com uma velocidade constante (etapa 2). A distância percorrida pelo pêndulo depois de colidir no corpo de prova, depende da resistência ao atrito desse. Os valores de resistência ao escorregamento (SRV) são lidos diretamente a partir da escala graduada (etapa 3).

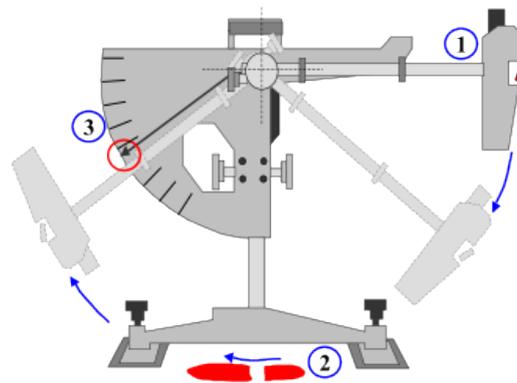


Figura 1 - Etapas de ensaio do *Portable Skid Resistance Tester* (Pêndulo Britânico).

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Caracterização Tecnológica de Rochas Ornamentais - LABRO do Núcleo Regional do Espírito Santo do Centro de Tecnologia Mineral - CETEM/NR-ES e no piso do Shopping Cachoeiro. Para os ensaios realizados em laboratório, foram selecionados 13 tipos de rochas atualmente comercializadas para uso como revestimento de pisos e fachadas no Brasil e no exterior. Dentro do Shopping, as medições foram realizadas em 15 pontos estratégicos: entrada, próximo às lojas, próximo à escada rolante, praça de alimentação e entrada dos banheiros, todos com o mesmo tipo de revestimento, um granito comercial.

O planejamento dos ensaios foi realizado com base em uma análise estatística dos resultados obtidos por Valdo *et. al.* (2014). Os resultados dos autores evidenciaram uma curva normal e, com isso, foi utilizada a distribuição normal de frequência para o cálculo dos corpos de prova necessários para este trabalho, para o qual foram considerados os níveis de 99 e 95% de confiança com os índices " z " = 2,575 (99%) e " z " = 1,96 (95%). Para o nível de 99% de confiança os cálculos evidenciaram a necessidade da utilização de 15 corpos de prova e a realização de 16 medições em cada um deles. Já para o intervalo de 95% de confiança foram necessários 8 corpos de prova e a realização de 10 medições em cada.

Para conhecer as incertezas de ensaio pelo método do Pêndulo Britânico calcularam-se, a partir dos resultados obtidos, as médias, os desvios padrão, as incertezas padrão correspondentes às medições ("Tipo A"), as

incertezas padrão associadas à calibração do dispositivo ("Tipo B"), e as incertezas combinadas e expandidas. A análise de incertezas está em conformidade com o guia para a expressão da incerteza de medição - GUM 2008 (INMETRO, 2012). Além do cálculo da incerteza de medição, é de suma importância a verificação da repetitividade e reprodutibilidade (R & R) dos resultados de ensaio, que tem por objetivo a comparação do grau de concordância entre os resultados de medições sucessivas de um mesmo mensurando efetuadas sob as mesmas condições de medição e sob condições diferentes, respectivamente (INMETRO, 2007). A repetitividade é o valor limite da variação nas medidas de uma grandeza, obtidas com um dispositivo de medição, quando usado várias vezes por um mesmo operador, medindo a mesma característica no mesmo corpo de prova em condições iguais de ensaios. Já a reprodutibilidade é o valor limite da variação na média das medidas realizadas por diferentes operadores, utilizando o mesmo dispositivo de medição, medindo características idênticas nos mesmos corpos de prova e nas mesmas condições. O cálculo de R & R foi realizado no LABRO, nos 13 tipos de materiais, na situação seca e por dois operadores nas mesmas condições gerais e para as mesmas amostras.

4. Resultados e Discussão

Os resultados de ensaio realizado no LABRO, na situação seca, para os intervalos de 95% e 99% de confiança foram semelhantes entre eles, e também foram similares aos resultados dos ensaios realizados no Shopping nos diferentes níveis de confiança. Esses resultados mostraram que as incertezas "Tipo A", que são relacionadas às fontes de incertezas de repetidas medições, do operador do equipamento e do próprio material, apresentaram uma homogeneidade nos resultados para os diferentes tipos de materiais e que os valores das incertezas "Tipo A" são demasiadamente pequenos quando comparados com os valores de suas respectivas médias.

A incerteza expandida (combinação de todas as incertezas considerando o fator de abrangência k) para todos os materiais apresentou valores baixos e homogêneos. Isso implica que o procedimento de ensaio pelo método do Pêndulo Britânico é bastante confiável. Ao se comparar a incerteza combinada com a incerteza do "Tipo A" em cada material ensaiado a seco, pode-se perceber que os valores são próximos (Figura 2). Tal comprovação implica que a incerteza associada às medições ("Tipo A") tem maior influência que a incerteza associada ao equipamento de ensaio ("Tipo B"). Isso pode ser explicado pela variabilidade natural dos materiais ensaiados, o que é corroborado pelos desvios padrão dos resultados (5-10% das médias).

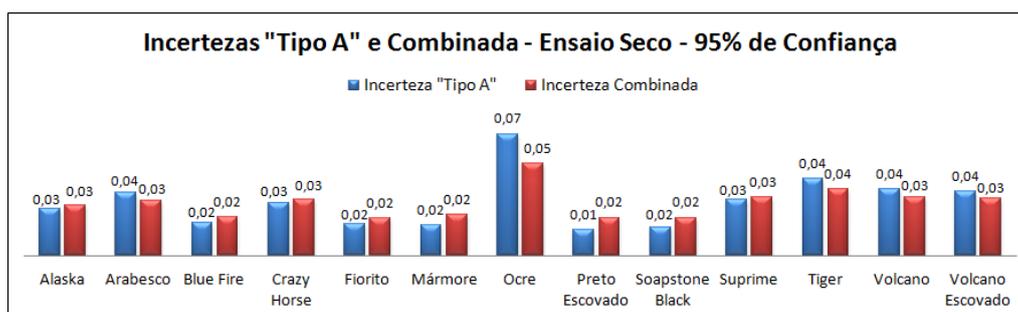


Figura 2 - Incertezas "Tipo A" e combinada de cada material. (95% de Confiança).

A semelhança nos resultados também aconteceu na situação úmida. A incerteza "Tipo A" permanece com valores baixos, homogêneos e pequenos quando comparados com o valor de suas respectivas médias. A incerteza expandida também apresentou valores baixos, mesmo sendo maiores que aqueles obtidos para os ensaios em condição seca, e homogêneos, certificando que o método de ensaio pelo Pêndulo Britânico na situação úmida também é bastante confiável. Ao se comparar a incerteza "Tipo A" com a incerteza combinada em cada material (Figura 3) é possível perceber que, para a maioria deles, as incertezas não apresentaram valores próximos. A incerteza "Tipo A" apresentou valores menores e isso implica que a incerteza associada ao equipamento ("Tipo B"), mesmo sendo muito pequena, tem maior influência no procedimento de ensaio realizado à úmido. Isso pode ser explicado devido ao efeito produzido pela lâmina d'água retida sobre a superfície da amostra (aquaplanagem), que diminui a influência da superfície do corpo de prova.

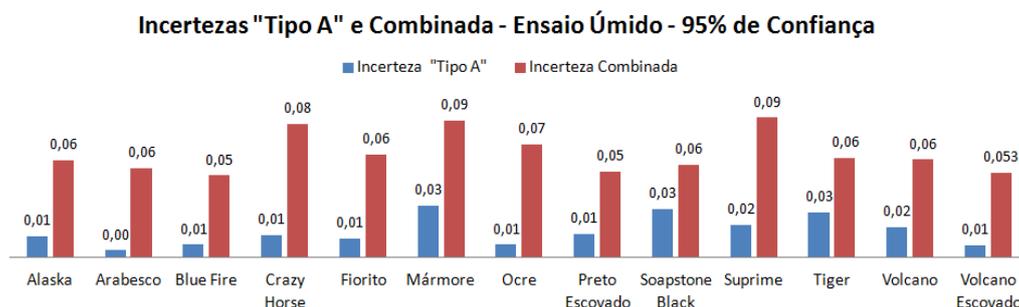


Figura 3 - Comparação entre as incertezas "Tipo A" e combinada do ensaio à úmido para o nível de 95% de confiança. Resultados expressos em valores adimensionais.

Os resultados de repetitividade e reprodutibilidade do ensaio realizado por dois diferentes operadores mostraram que o valor da reprodutibilidade foi, na grande maioria, maior que o valor da repetitividade (Figura 4). Isso implica que as influências relacionadas aos operadores, às condições de ensaio e à variabilidade natural dos corpos de prova (mensurando) são maiores do que a influência do próprio equipamento de ensaio.

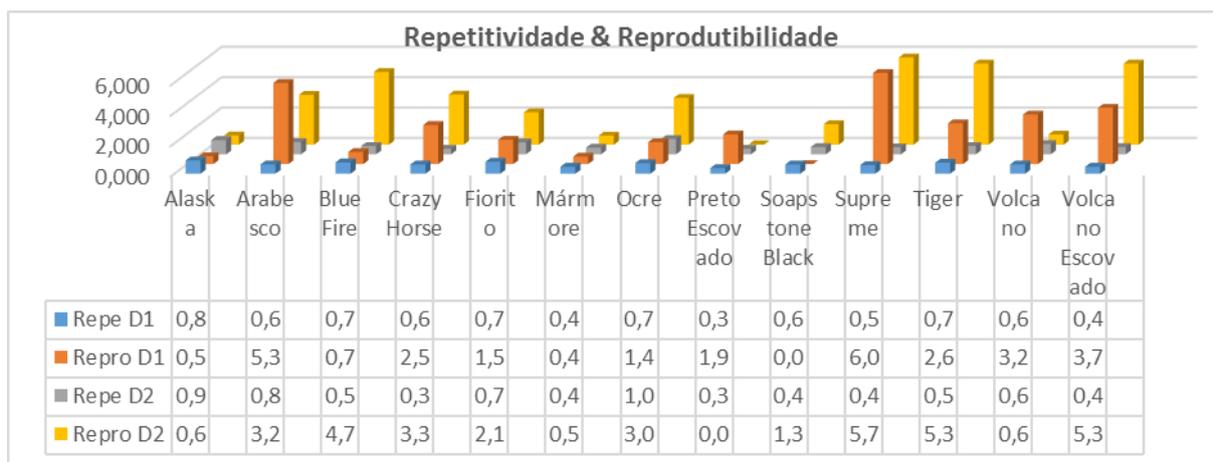


Figura 4 – Resultados de repetitividade & reprodutibilidade do ensaio pelo método do pêndulo britânico nas duas direções de ensaio. Resultados expressos em valores adimensionais.

Ainda, aplicou-se aos resultados a regra de Montgomery (2004) que relaciona os desvios dos medidores (equipamento e operador) com o intervalo aceitável para o resultado da medição (razão P/T) e que preconiza que $P/T \leq 0,1$ indica ótimas condições de R&R. Pelo menos, em uma das direções de ensaio, 7 tipos de

materiais, dentre os 13 ensaiados, apresentaram valores de $P/T \leq 0,1$ e 4 tipos de materiais apresentaram valores próximos a 0,1. Tal constatação indica que o procedimento de ensaio pelo método do pêndulo britânico é confiável mesmo ao ensaiar materiais com grande variabilidade natural, como são as rochas ornamentais.

5. Conclusões

Todos os resultados obtidos ao se analisar o método do Pêndulo Britânico para se medir a resistência ao escorregamento revelaram uma homogeneidade nas incertezas relacionadas às medições ("Tipo A"), as quais apresentaram um valor baixo em comparação às médias. As incertezas expandidas também apresentaram valores baixos e homogêneos, revelando ser um método bastante confiável, o que justifica sua ampla utilização por diversas entidades internacionais. A incerteza associada ao equipamento ("Tipo B") influencia pouco nos procedimentos de ensaio garantindo uma boa confiabilidade dos resultados e os ensaios realizados à úmido apresentaram maior influência dessa incerteza devido, provavelmente, ao efeito da água sobre a superfície de ensaio. Os resultados de ensaio para os diferentes níveis de confiança mostraram ser bastante estáveis pois apresentaram valores de incerteza demasiadamente pequenos. Os resultados demonstraram que o nível de confiança de 95% é suficiente, com apenas 8 corpos de prova e 10 medições em cada um. Isso implica em menor tempo de ensaio e menores custos associados com os corpos de prova. Os resultados de repetitividade e reprodutibilidade indicaram que o equipamento é confiável e que é importante verificar as condições de ensaio e realizar um treinamento dos operadores para produzirem métodos mais eficientes de trabalho com intuito de reduzir o valor da reprodutibilidade. Perante a falta de um ensaio normalizado para determinação do coeficiente de atrito no setor de rochas ornamentais brasileiro, considera-se, pelos resultados obtidos neste estudo, que o método do Pêndulo Britânico tem um grande potencial e possui reais condições de ser incorporado ao conjunto de normas técnicas brasileiras para caracterização de rochas ornamentais com vistas a garantir a segurança, além de aumentar a competitividade internacional de seus produtos. Para isso, recomenda-se continuar o estudo com a utilização da borracha 4S (simulação do pé calçado) e realizar um programa interlaboratorial para validar o método.

6. Agradecimentos

Ao CNPq pela bolsa concedida. Ao Shopping Cachoeiro, ao CETEM/NRES e à bolsista Renata C. Drumond.

7. Referências Bibliográficas

MONTGOMERY, D.C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora L.T.C., 2004.

POWERS, C. *et. al.*, - **Avaliação da Passadeira tribômetro Leituras em Avaliando deslizamento Resistance: Uma Abordagem Baseada em Gait** - J Forensic Sci, 52, No. 2, pp 400-405. Março de 2007.

VALDO, L; PEITER, C. C.; SILVEIRA, L. L. L. - Determinação do coeficiente de atrito dinâmico de superfícies de rochas ornamentais brasileiras ensaiadas no *tilt test* e pêndulo britânico - **XXII Jornada de Iniciação Científica do Centro de Tecnologia Mineral** - Rio de Janeiro, RJ: CETEM/MCTI, 2014.